

臭氧在水处理中的应用(下)

陶 蓀 楷

(清华大学给排水教研组)

三、臭氧在水中的投配方法

在给水和废水处理中,臭氧氧化的目的,是要用最小的臭氧投配量取得最大的处理效果。怎样达到这样的目的呢?

当我们把一种气体,例如二氧化碳,送入水中,气体就在水中慢慢地扩散,如果我们用棒搅拌,就可大大地提高扩散的速度。我们如使气体或液体形成分散状态,分散得越细小,它们之间的接触面积就越大,就可以更大地提高气体在液体中的扩散速度。假如我们把投入水中的气体通过一种微孔扩散板,使气体形成极小的气泡,或者使水喷成雾状,都是提高扩散速度的有效方法。同样,采用臭氧进行水处理时,如能采用一些有效的投配装置,使臭氧化气形成尽可能多和尽可能小的气泡,这样,就大大地增加气相和液相的接触面积。同时采用搅拌或逆流等方法,使气—水的接触面产生大量的活动,保持气泡与水的相对运动,就可以更大地提高臭氧在水中的扩散速度,因而促进臭氧与水中污染物质的反应速度。臭氧与各种物质的反应速度取决于它们的反应特性,但有效的扩散可以促进反应速度。这两个因素——臭氧的扩散作用和臭氧与水中污染物质的反应速度是提高臭氧处理效果的关键。

一般采用的有效投配方法是使臭氧化气和水形成乳状液,并给予一定的接触时间,然后从水中将已被提取臭氧的剩余气体释放。

造成臭氧化气与水的乳化液,有许多不

同的方法。目前常用的方法有三种:(1)微孔扩散器(扩散板法);(2)根据文丘里原理制成的水射器法;(3)乳化搅拌器法。此外还有管式混合器和雾化法等。清华大学在北京石油化工总厂东方红炼油厂废水处理试验中采用了微孔扩散器法,冶金建筑研究院在臭氧处理试验中采用水射器法。

(一) 微孔扩散器(扩散板):

采用这个方法是在接触柱的底部装置微孔扩散器。水流在接触柱中自上而下流动。从臭氧发生器引来的臭氧化气有一定的压力,送至扩散器的下面,然后再从扩散器扩散出来,形成的小气泡从接触柱底部上升到水面,与水流形成逆流接触(见图8)。

采用微孔扩散器的优点如下:

- (1) 设备简单;
- (2) 不会引起被处理水的压头损失,它

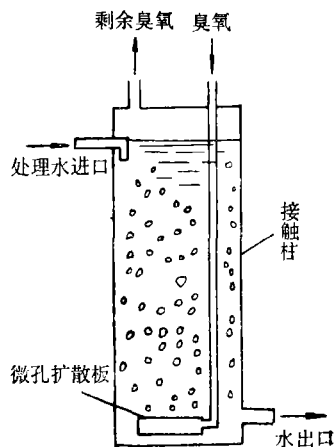


图8 微孔扩散板投加设备

所需要的动力来自压缩臭氧化气；

(3) 大量的臭氧投配没有困难；

(4) 气流量可用简单的阀门控制，易于调节；

(5) 可以提供较长的接触时间。

塑料微孔扩散器和不锈钢微孔扩散器提供相当好的效果。清华大学在试验中采用的微孔扩散器是聚氯乙烯烧结微孔板，孔径经电子显微镜观测约为 $15-20\mu$ 。

(二) 水射器

水射器的投加设备是利用水力学文丘里原理，输送处理的进水管管径缩小后再扩大，当管径缩小时流速增加，因而压力降低。这样造成的负压就吸入臭氧化气，与水流接触形成乳化液。乳化液通过接触管送至接触柱的底部，见图 9。

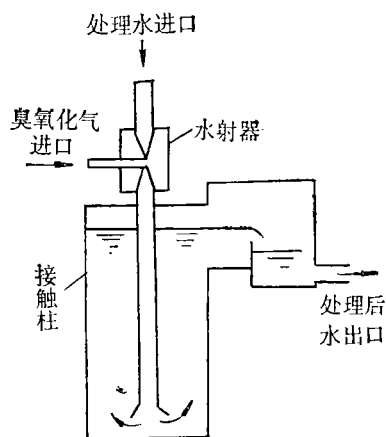


图 9 水射器投加设备

水射器可分为两种形式，一般称为部分水射和全部水射。在这二种形式中，臭氧化气都和水的全部流量形成乳化液，但能量取得的方法不同。在部分水射器，总水流的一部分要用泵加成高压，然后经水射器吸入臭氧化气后与总水流化合。全部水射器则利用重力水头，全部水流在低压下和臭氧混合。

用水射器注入臭氧，设备简单，便宜，故在欧洲广泛使用于把少量臭氧注入自来水中。但是，当臭氧注入量较大时，最好用其他形式的投配装置，或采用多段水射器方式。

(三) 乳化搅拌器

采用这种方法时，废水在重力下流入混合设备，这里装有一个电动搅拌器。臭氧化气在搅拌器下部引进，借转子旋转时造成的一个小的负压，吸入搅拌器内，再经转子四周小孔喷出与水流相混合。必要时可用一个鼓风机加压。臭氧与水流相遇后，在接触面产生高速剪切运动，因而形成很好的乳化液而得到充分的混和。图 10 示乳化搅拌器示意图。

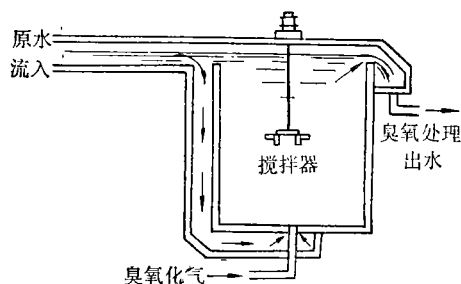


图 10 乳化搅拌器示意图

此种设备的优点是在重力流动下几乎没有水头损失。臭氧的投加量可以随意变动。猛烈的剪切作用可产生极小的气泡和充分的混和。它的缺点是带动转轮有一定的耗电量。这种设备的建造材料是贵的，搅拌器要用不锈钢制造。投加臭氧的损耗可达30%。

管式混合器是在管道内设有任意数目的反向螺齿节，因而促进臭氧化气与水流的充分混和。雾化法是在反应槽内充满臭氧化气，待处理的液体在反应槽内由喷嘴喷出，形成雾状与臭氧化气接触而得到充分混和。

四、臭氧在水处理中的应用及其效果

(一) 给水处理

臭氧在给水处理应用中的历史较久。西欧各国用臭氧消毒自来水已得到普及。二次世界大战以来，工业的发展和城市人口的集中，使水源水质恶化，迫切要求新的处理技术，同时工业用臭氧发生器也得到新的发展，使用臭氧消毒，始终保持良好的效果。唯一存在

的问题,是设备费和运行费较高。我国各地自来水厂在给水处理方面一般采用氯气,因氯消毒价格比较便宜。近年来,上海、天津等市的水厂都在进行臭氧处理的试验,力求降低设备费及运行费。利用臭氧消毒自来水,其杀死细菌及病毒的效果比氯气好,并且没有产生氯味和氯酚味的缺点。

关于氯气和臭氧的杀菌和杀死病毒的能力,曾进行过很多研究比较工作。有的试验说明:氯的杀菌作用是渐进的,而臭氧在投加量达到一定的起值后,其作用是突然的,完全的。臭氧杀菌比氯气快。

凯瑟耳(Kessel)等的试验报告说明:对小儿麻痹病毒用氯处理需要0.5—1毫克/升的余氯,经过1—1.5至3小时后,病毒才停止活动。而用臭氧处理,剩余臭氧仅需0.045—0.45毫克/升,经过2分钟,病毒即停止活动。

美国细菌学会的报告指出:臭氧的杀菌作用,很少受pH值的影响,而用氯消毒时,杀菌效果受pH值改变的影响较大。

在比较臭氧和氯的杀菌效果时,有人提出剩余臭氧在水中只能保持很短的时间,而余氯则可维持很长的时间,这对于防止管道系统的污染是有利的。但英国阿许顿水厂的运行资料说明,臭氧处理后的水质在该厂运行的30年内都能保持同样的水平。同时在采用氯消毒所保持的小量余氯,当管道系统中发生严重事故时也不起实际的作用。

在实际生产中,臭氧消毒也能保持一定的剩余臭氧以保证完全的杀菌作用。这项剩余臭氧在臭氧投配后5分钟在接触器出水中量测。为了杀菌,需要有0.1—0.2毫克/升的剩余臭氧;为了杀死病毒,需要有0.4毫克/升的剩余臭氧。要达到这样的剩余臭氧值,臭氧的投配量一般需要0.5—1.5毫克/升。

臭氧能有效地除去水的臭味,而加氯则往往增加水的臭味。这是臭氧和氯相比的一个很重要的优点,因为即使少量的加氯,也会增加氯酚味的麻烦,而臭氧却能破坏酚。

臭氧能很有效地除去有机色。在给水处理中,对于水中由腐植质的溶解而产生的棕黄色,经臭氧处理后,水色可以清澈闪光。这个作用几乎是瞬时的;如用氯作比较试验,需要的加氯量较多,接触时间也较长。

在给水处理中常采用臭氧使铁和锰在凝聚前进行氧化,铁和锰的去除效果较好。

上海自来水公司南市水厂进行了以臭氧处理自来水的试验。试验资料说明:臭氧对脱色、除臭,杀菌消毒,以及去除水中含酚、含氰化物、含有机磷等有害物质,均有显著的或不同程度的效果。他们用臭氧去除河水酚的试验:当水中含酚为0.5毫克/升时,每分钟投加0.72毫克臭氧,经5分钟的接触,酚的去除率达95.2%;经15分钟的接触,去除率达99.8%。

有些地面水比较清洁,用微网过滤法即可使之澄清;有些地面水往往色度较高,需要用化学凝聚、沉淀和快滤等方法。由于产生水色的物质通常是由土壤和地表面的植物中来,它们一般是有机物质,所以可用臭氧去除或减少。微网过滤与臭氧的综合处理法(Micron)1962年在挪威的水厂使用,它的特点是没有化学沉渣。

当原水所含有机胶体浑浊度较高时,采用一般的凝聚处理方法,常发生困难。试验结果说明,臭氧氧化可使胶体物质的性质发生变化,而使它们在极小的加药量凝聚后,产生微细的绒状体(Microflocs),可用高速快滤池去除,而不需要沉淀,这个改变胶体物质的方法称为胶束与除胶束法(MD法),处理过程如下:

- (1) 用微网过滤机除去悬浮物体;
- (2) 加臭氧使有机胶体物质氧化(胶束阶段 Micellization);
- (3) 投加少量凝聚剂产生微细绒状体(除胶束阶段 Demicellization);
- (4) 用高速快砂滤池去除微细绒状体。由于原有悬浮物已经除去,所以在砂床表面

不会形成污物层,因而可以采用高速过滤;

(5) 最后消毒处理,可用第二阶段(胶束阶段)的臭氧。

这种 MD 法的简单解释是:水中不易凝聚的亲水性有机胶体物质经过臭氧氧化可以有效地变成无机的疏水性物质,就容易凝聚了。这种 MD 设备在法国、德国都已使用,在加拿大正在进行试验。

在工业生产中,例如制药工业,采用臭氧进行给水消毒并破坏有机物是很适宜的。在饮料工业,用水中的有机物会产生不良反应,以致破坏或改变饮料的味道,加氯处理这种工业的用水是不适宜的,因为余氯要引起臭味,所以用臭氧处理较好。

冷水塔中产生的粘着性物质也可用臭氧来控制。臭氧可投加于塔下的水池,也可当水在塔中流过溅水盘时加入,臭氧能杀死微生物、藻类和结成粘着性物质的细菌。

在很多工业给水应用臭氧处理时,臭氧的投加量一般是相当低的,通常不超过 10 毫克/升,在更多的情况下不超过 1—2 毫克/升。

(二) 废水处理

1. 水源保护的要求

为了体现社会主义国家对人民生活的关怀,我国对保护水体水质标准的要求是高的。在 1973 和 1974 年全国召开了修定给水排水设计规范及水体保护的水质标准会议。废水的处理,要使水质能保证水体(1)满足农业上的要求;(2)满足渔业上的要求;(3)满足工业上的要求;(4)满足人民生活饮用的要求。

还有一方面,是水源缺少问题。由于工业的发展,工业用水量很大,在资本主义国家的很多城市中,已造成不少地区水源短缺的现象。日本由于工业用水量大,地下水位下降,东京、大阪、所泽等市都造成严重的地面沉降。由于这些情况,就对水源保护提出了更高的要求。工业废水经过处理后要尽量循

环使用,重复利用,处理的指标就必须达到工业生产用水的要求,有时还需要达到地面水作为水源的要求,有时还要达到或接近生活饮用水的要求。此外,利用污水灌溉农田或养鱼时,就必须使处理后水质达到灌溉用水和渔业用水的要求。

2. 臭氧氧化法处理废水的特点

作为废水处理的方法,臭氧氧化法有下列主要优点:

(1) 臭氧氧化能力强,可以在极短时间内完成,即使在低浓度的情况下,也可进行反应;

(2) 剩余的臭氧在废水中短时间可以分解为氧气,增加废水中的溶解氧;

(3) 臭氧氧化法不存在二次污染的问题。它不产生污泥,它对水不造成任何后味,特别是当废水含有酚时,它没有使水中产生氯酚味的麻烦;

(4) 臭氧一般用电和空气制取,没有原料运输和贮存等问题;

(5) 臭氧发生量可藉改变电能和气量控制,臭氧在废水中的投配方法也很简单,因此在操作管理上比较方便。

很多工业废水和生活污水一样,含有有机物,可用生物处理法分解。臭氧可在生物处理之后使用,进一步净化废水,它能破坏废水中难于分解的有机物,降低 BOD 和 COD,并消毒。

由于生物处理的某些弱点,例如操作运行比较复杂(特别在气候寒冷地区),占地面积较大等,因而有设想采用物理、化学方法例如混凝、过滤、活性炭吸附、臭氧氧化、电渗析、反渗透和离子交换等来代替生物处理方法。

在给水处理中采用的微网过滤与臭氧的综合处理法(MD 法),也有人采用此法对废水处理进行试验。

3. 含酚、含油废水的臭氧处理

用臭氧处理含酚的工业废水是很有效

的。加拿大的一个炼油厂,最后出水的含酚指标必须小于 0.015 毫克/升,就是在生物处理后用臭氧取得的。生物处理包括活性污泥法和生物滤池,生物滤池的出水经二次沉淀后用泵送至一个大型的不锈钢制造的接触器,接触器直径 4.5 米,高 6 米,臭氧由多孔扩散器进入。最后出水的含酚量由 0.38 毫克/升降至 0.012 毫克/升(降低 96%)。臭氧用空气发生,生产量约为每日 86 公斤。污水流量自 19 升/秒至 38 升/秒。臭氧投加量 20—40 毫克/升。

在美国曾对一系列石油化工厂的含酚废水用臭氧处理进行了研究。据尼高斯基(Niekowski)对焦化厂、石油化工厂的含酚废水应用臭氧法处理试验得出的结果为:当臭氧投加量为 1—2.5 克/升时,酚浓度从 0.3—1.5 克/升降至 0.0006—0.0012 克/升。当投加量为 11 克/升时,酚浓度从 12 克/升降至约 0.0025 克/升。他认为采用臭氧处理含酚废水具有一系列的优点,虽然相对费用还较高,但可以得到补偿。工艺简单、安全、运转不复杂,效果稳定,且处理后无毒。

据艾森豪威尔(Eisenhauer)对臭氧法除酚所进行的多次试验研究表明:除酚效果可用以下方法提高:(1)增加臭氧投加率;(2)延长气-液接触时间;(3)减小气泡的大小;(4)在 $\text{pH} = 11$ 下运转。尽管还存在一些问题,仅用 5 克分子臭氧/1 克分子酚的臭氧投加量,即可得到破坏酚 98% 的效果。

关于氧化一公斤酚所需要的臭氧量,其理论值为 3 克分子 O_3 /1 克分子酚,相当于 1.5 公斤臭氧/公斤酚。实际上,据经验估计,臭氧需要量在 5—10 毫克/毫克酚,即酚与臭氧比为 1:5—10。由于含酚工业废水中尚含有其他可氧化物质,所以实际臭氧投加量应由试验决定。

上海化工学院在常州石油化工厂对重油裂解废水所作的小型 and 中型试验,当臭氧投加量为 169—190 毫克/升时, pH 值 = 11.4,

酚去除率达 99.6%;当 pH 值 = 10.2 时,油类的去除率为 87%。

冶金部建筑研究院用臭氧处理焦化厂含酚废水,废水中含酚量 7—8 毫克/升,臭氧化气投加量为 1 升/分(臭氧体积浓度为 2—3%),经过 10 分钟接触,即可将含酚量降低到 0.01 毫克/升的地面水标准。当废水含酚量为 200 毫克/升时,臭氧化气投加量 2.75—3.6 升/分,经 20 分钟接触,也能使酚含量降低至 0.01 毫克/升。

清华大学对北京石油化工总厂东方红炼油厂废水用臭氧氧化法进行试验研究,该厂废水经过脱硫塔、浮选池和曝气池等设备的处理,出水水质还不能达到国家规定的地面水标准,一般含酚量为 0.1—0.3 毫克/升,含油量 5—10 毫克/升,硫化物 0.05 毫克/升左右。用臭氧作为三级处理,对酚、油、硫、色、化学需氧量都有良好的处理效果。采用单级接触柱,柱高 5 米,用聚氯乙烯微孔扩散板,孔径约为 20μ 左右,接触时间采用 10 分钟,臭氧投加量 50 毫克/升,处理后水质可达到下列标准:含酚量 < 0.01 毫克/升,含油量 < 0.3 毫克/升,硫化物 < 0.02 毫克/升, COD 去除率约为 60% 左右。当进水的色度为 8—12 时,臭氧处理后可降至 2—4。

他们还采用多级串联的接触柱进行试验。为了达到上述标准,接触柱高度可以减小。采用接触柱 2 级串联处理,水柱高度可减至 4 米,接触时间仍为 10 分钟。如采用 3 级或 4 级处理,水柱高度可减至 2 米,每柱内接触时间 5 分钟,臭氧投加总量为 100—120 毫克/升。这说明采用接触柱多级处理的方法,可以提高处理效果。

4. 含氰废水的臭氧处理

在机械制造业及石油化学工业的生产过程中,都有含氰废水排出。氰化物有很大的毒性,地面水中氰化物的最高容许浓度为 0.05 毫克/升。我国工人阶级大搞技术革新,在金属加工厂采用无氰电镀以消除含氰废水

的方法。但含氰废水的处理,还是目前很多工业废水处理中的重要问题。

处理含氰废水常用漂白粉法,处理效果较好,但处理后的污泥量很大。采用臭氧处理就没有这个缺点。向含氰废水中通入臭氧,氰化物主要被氧化为氰酸盐。

常州石油化工厂对重油裂解废水进行的试验,当 $\text{pH} = 11.4$ 时,氰化物去除率达 79.3%,臭氧投加量为 169—190 毫克/升。上海化工学院用臭氧处理电镀含氰废水,在含氰浓度为 32.5 毫克/升时,每升水用臭氧 60 毫克,氰的去除率达 98.9%。他们在试验中用臭氧处理腈纶废水,废水丙烯腈含量 102 毫克/升(未经生化处理),每升废水投加 30 毫克臭氧化气,处理后的废水经过气相色谱分析,测不到丙烯腈。

法国某金属加工厂的试验说明: 80—90 毫克/升的臭氧投加量可以去除 25 毫克/升的氰化物。中型试验的结果如下:

氰化物去除 25 毫克/升降至 0 毫克/升

臭氧化气中臭氧浓度(克/米 ³)	7	14	20
臭氧的总投加量(克/克氰化物)	7.3	5.7	4
排入大气的臭氧损耗量(克/克氰化物)	3.8	2.5	0.8
实际用于破坏氰化物的臭氧(克/克氰化物)	3.5	3.2	3.2

以上资料说明采用臭氧可以达到氰化物的全部破坏。这个方法不只在技术上是可行的,而且与其他方法相比还是比较经济的。增加臭氧化气的浓度可以减少臭氧从接触器的损失。

由于废水中有各种杂质存在,含氰废水处理需要的臭氧投加量,必须经过试验。

5. 印染工业废水处理

印染工业废水一般色度较高,脱色处理困难。日本某人造丝染色工厂废水应用臭氧进行脱色处理的试验,单独臭氧处理的除色率达 90%,采用混凝、过滤、臭氧的综合处理方法,除色率达 99—100%。

上海化工学院用臭氧处理印染废水的试

验,当臭氧用量为 40 毫克/升时,脱色效果在 90% 以上,但对 COD 的去除率仅 40% 左右。清华大学对北京印染厂废水也曾用臭氧进行了观察,对溶解性染料的颜色难于采用凝聚方法去除的,用臭氧处理接触 3—10 分钟,水就变清澈无色。

6. 其他工业废水处理

臭氧用于处理化学合成工业的废水,也已试验成功。这种废水含有微生物难以分解的有机物,但臭氧能破坏它们的大部分。这种废水含有对微生物有毒的物质,所以采用生物处理不相宜,而臭氧处理的效果则较好。

采用臭氧处理酸性尾矿水,也有人做过试验。资料报导臭氧在纸浆工业、食品工业的废水处理中均可有效应用。

五、臭氧在其他方面的应用

(一) 杀菌净化剂

1. 给水处理及废水处理;
2. 空气的净化,如医院病房手术室、剧场、屠宰场等空气消毒净化;
3. 食物消毒,提高储藏性能;
4. 医疗中用作①增强健康剂,②伤口杀菌,③肠炎、赤痢的肠道杀菌,④治疗风湿痛,⑤减少某些致癌物质如 1.2-苯吡啉的致癌力等;
5. 工业包装容器的消毒,如装饮料的塑料瓶。

(二) 精制提纯剂

1. 漂白、脱色、脱臭: 包括纤维漂白、纸浆漂白,油脂的脱色精制,家禽、家畜的皮毛加工脱臭等。

2. 改进产品质量

印染工业中,在纤维染色前用臭氧处理可使染色均匀,染色后处理可使染色牢固,减少褪色。在印刷工业中,由于纸张间产生的静电造成操作困难,经臭氧化气吹后可以解决。在胶板印刷中,可防止纸张间的油墨污染。

(三) 反应促进剂(催化剂)

1. 触媒作用；
2. 促进干燥作用：涂料速干；
3. 促进发酵作用：酿酒工业应用；
4. 促进燃烧作用：汽油中混合臭氧化气，可使汽车行程增加 40%，飞机可减少燃料消耗 25%。

(四) 合成化学工业中用作氧化剂

1. 香料合成；
2. 合成润滑脂的制造；
3. 合成纤维的制造，如尼龙 9；
4. 制药工业中固醇类、黄体酮等激素类药物的合成等。

六、臭氧的毒性及安全防护

臭氧是一种有毒气体，很多有关空气污染的报告指出：由于臭氧在大气中的光化学效应的结果，对植物及动物都有长期危害。因此，有些工程人员认为使用臭氧是危险的。但实际并不是这样。在水和污水处理中，使用臭氧比通常使用氯气危险要小。这是因为臭氧只是在低浓度下产生和使用，并不在压力下储存。在处理系统中，如有任何臭氧漏出，可以很快切断电源而制止漏气。

美国工业卫生协会规定臭氧最大容许浓度，对于 8 小时工作日的长期接触，0.1 毫克/

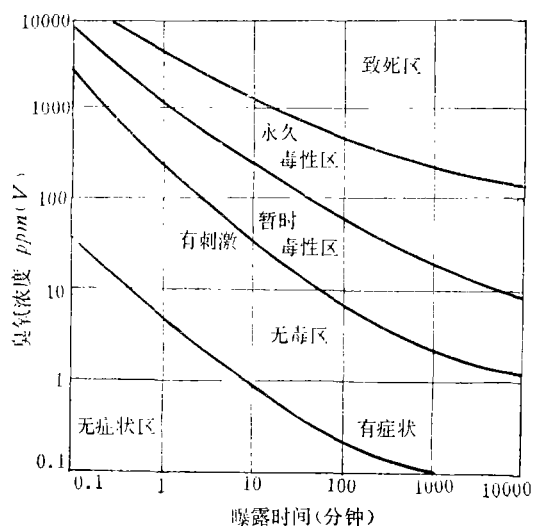


图 11 臭氧的毒性

升(0.1ppm)的浓度是最高的限度。由于臭氧具有特殊的臭味，臭氧能自动报警。在浓度远低于有害或有毒的水平时，臭氧就会对人鼻产生刺激而立刻引起注意。但浓度达 20—30 倍于这时的浓度并有数小时的长期接触，臭氧才对人有害（见图 11）。此外，臭氧发生设备都有安全装置。臭氧产生时的空气压力通常不超过 1 公斤/厘米²，所以漏气量一般比较小。而液氯则经常在压力下储存，如氯瓶发生漏洞，氯就很快逸出。

随着臭氧在给水处理及废水处理方面的应用日益扩展，水中未被吸收的臭氧化气如排入大气，有造成空气污染的危险存在。因此，有人认为有将其彻底去除的必要。目前处理方法有燃烧法、活性炭法、触媒接触法、药物处理法等。据试验用 4.6% 浓度的硫代硫酸钠溶液处理，可将 4 毫克/升浓度的臭氧去除 99.9%。

七、结 束 语

臭氧是很强的氧化剂，大约两倍于氯气。在欧洲及加拿大已广泛使用于给水消毒。在美国臭氧在饮用水处理中用的较少，主要考虑到设备及运行费用较氯气为高。我国各地自来水厂也大都采用氯消毒。但考虑到臭氧处理的许多优点，目前都在进行臭氧处理的试验。根据对氯的比较试验，臭氧在杀菌、杀病毒、和去除有机的色、臭味方面的效果比氯好，臭氧的作用几乎是瞬时的，因此不需要很大的接触池。

在工业废水处理中，臭氧可用来降低 BOD 和 COD，并破坏有害的化合物，如酚、氯化物、硫化物和油类化合物等。臭氧的另一特点是能有效地去除污水的色。其他优点是：高量的溶解氧，不产生污泥，没有二次污染，没有氯酚味等。采用较大投配量的臭氧时，应设计和水接触的特殊系统。将臭氧平行地投加于多级的接触器，污水串联地通过各级接触器进行多级处理，可以提高处理的

（下转第 41 页）

另一条是75年测的,由于靶子上涂了胰岛素,可能胰岛素内含铅量较大而提高了本底,极限灵敏度降至 1×10^{-8} 克。

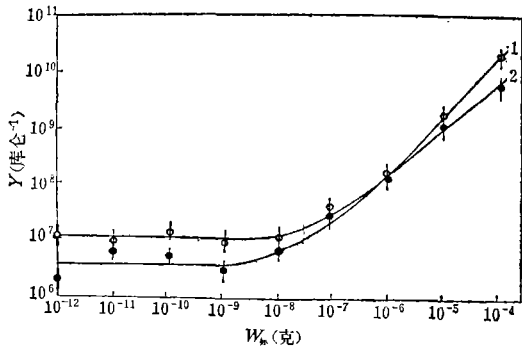


图5 含铅量标准曲线
曲线1 74年测 曲线2 75年测

在表1和表2中列出了我们实际测量的环境大气中和蓄电池厂制粉车间空气中的铅浓度,并与我国规定的最大允许铅浓度(对于环境大气,日平均浓度为1.5微克/米³,对车

间空气为10微克/米³)作了比较。从表1可见,2月份是采暖季节,由于煤炭燃烧的增加,大气中铅污染量增加20倍左右,最高可达 1.24×10^{-7} 克/米³,为最大允许铅浓度的8.2%。

大气中也可能含有气溶胶形式的汞元素。而在¹²C离子轰击下,通过 $Hg(^{12}C, xn)Rn$ 反应,也可能生成氡-210, 211, 212等同位素。为此,我们也测量了 $Hg(^{12}C, xn)Rn$ 反应的表观激发函数。发现在60-73Mev碳离子能区内,汞核产生氡的表观截面比铅核小100倍左右。因此,只有在汞浓度很高的特殊场合,才应考虑汞的作用。

上述重离子活化测铅法,比之广泛采用的能量色散X射线荧光分析法或原子吸收光谱分析法来说,可靠性高、本底低。但此法使用重离子束作为激活源推广应用尚有一定局限性,不宜作长期监测。

表1 某市区环境大气中日平均铅浓度

采样地点	采 样 日 期	体积当量V (米 ³)	过滤效率η采 (%)	含铅量W (克)	铅浓度C (克/米 ³)	相对误差 (%)	C/C允许
I 号	74.11.12—13日	19.4	99.6	1.1×10^{-7}	5.7×10^{-9}	80	0.38%
IV 号	74.11.10—11日	3.14	99.6	5.4×10^{-9}	1.7×10^{-9}	80	0.11%
I 号	75. 2.19—20日	5.94	99.6	7.32×10^{-7}	1.24×10^{-7}	40	8.20%
II 号	75. 2.20—21日	6.61	99.6	3.12×10^{-7}	4.73×10^{-8}	40	3.15%
III 号	75. 2.21—22日	6.50	99.6	7.12×10^{-7}	1.10×10^{-7}	40	7.33%
IV 号	75. 2.22—23日	6.81	99.6	2.60×10^{-7}	3.83×10^{-8}	40	2.55%

表2 蓄电池厂车间空气中铅浓度

采样地点	采样日期	体积当量V (米 ³)	过滤效率η采 (%)	含铅量W (克)	铅浓度C (克/米 ³)	相对误差 (%)	C/C允许
制粉车间	74.9.24日	0.872	99.6	3.30×10^{-4}	3.80×10^{-4}	30	38.0
制粉车间	74.9.26日	0.872	99.6	4.70×10^{-4}	4.06×10^{-4}	30	40.6

(上接第52页)

效果。

在工业废水和城市污水引起水源的污染日趋严重而必须加以控制,对水源的水质要求随着环境保护的需要而逐步提高的今天,

采用臭氧进行水处理的研究试验,在国内外都非常活跃,随着臭氧发生器性能的进步一提高,臭氧在给水处理、工业废水和城市污水处理方面的应用一定会日益推广。